

IAP20R8301 CTR.0 09 MAR 2006
1DRUCKMESSUMFORMER MIT PIEZOELEKTRISCHEM ELEMENT ZUR
ERKENNUNG VON TRENNMENBRANFEHLERN

- 5 Die Erfindung betrifft einen Druckmessumformer mit einem in einem Gehäuse angeordneten Drucksensor zur Wandlung eines zu messenden Drucks in ein Messsignal nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.
- 10 Ein derartiger Druckmessumformer, mit welchem ein Absolutdruck eines Prozessmediums oder eine Druckdifferenz gemessen werden kann, ist aus der DE 37 05 901 C2 bekannt. Dort ist eine Druckmesszelle mit einem Gehäuse offenbart, in welchem eine Messmembran angeordnet ist, die einen Gehäuseinnenraum
- 15 in eine Messkammer und eine Referenzkammer unterteilt. Die Messkammer und die Referenzkammer sind jeweils mit einem Druckkanal versehen, der bei einem Einsatz der Druckmesszelle in einem Differenzdruckmessumformer zu jeweils einer Trennmembran führt, welche die Messkammer bzw. die Referenzkammer
- 20 von einem Messmedium trennt, an welchem die Druckdifferenz zwischen verschiedenen Messpunkten gemessen werden soll. Die beiden Kammern sind mit einer Druckübertragungsflüssigkeit, beispielsweise einem Silikonöl, gefüllt. Zur Erzeugung eines elektrischen Messsignals, das sich in Abhängigkeit der an-
- 25 liegenden Druckdifferenz ändert, kann die Messmembran einen Drucksensor tragen, der beispielsweise aus Silizium ausgeführt und mit Dehnungswiderständen versehen ist. Durch eine Einrichtung zur Auswertung des Messsignals kann aus dem elektrischen Messsignal ein Messwert erzeugt und ausgegeben werden.
- 30 In der Referenzkammer ist gegenüber der Messmembran ein Piezoelement angeordnet, das zur Ansteuerung mit elektrischen Anschlüssen versehen ist. Dieses Piezoelement dient bei Anregung zur Modulation des hydrostatischen Drucks in der Druckübertragungsflüssigkeit der Referenzkammer. Damit sich
- 35 diese hydrostatische Druckerhöhung in der Referenzkammer einstellt, werden schnelle Modulationsvorgänge angewandt. Der Druckausgleich über die an den Druckkanal anschließende

Trennmembran ist dann vernachlässigbar. Die Druckänderung wird durch die Druckübertragungsflüssigkeit zur Messmembran übertragen. Bei bekannter Amplitude der Druckmodulation wird aus der Amplitude der entsprechenden Modulation des Messsignals direkt auf die Empfindlichkeit der Druckmesszelle geschlossen. Es wird somit eine Selbstüberwachung der Druckmesszelle auf Fehlfunktionen insbesondere der Messmembran während des Betriebs und ohne Unterbrechung des Messprozesses ermöglicht. Der bekannte Druckmessumformer hat jedoch den Nachteil, dass Veränderungen oder Schäden an der Trennmembran nicht erkannt werden können.

Beim Einsatz von Druckmessumformern in prozesstechnischen Anlagen kann es vorkommen, dass eine Trennmembran durch das Messmedium chemisch angegriffen oder mechanisch beschädigt wird. Wenn ein Loch in der Membran entsteht, tritt das Messmedium in die Messkammer oder die Referenzkammer ein und gelangt zum Drucksensor, der empfindlich auf das Messmedium reagiert. Bevor ein Totalausfall auftritt, kann es während einer Übergangszeit zu fehlerhaften Messwerten kommen, die der Anwender nicht bemerkt. Dies kann in einer prozesstechnischen Anlage schwerwiegende Folgen haben. Weiterhin kann es durch das Messmedium zu Ablagerungen auf einer Trennmembran kommen, welche die Druckübertragung zum Sensor behindern. Dadurch entstehen Fehlmessungen, die durch den Anwender schwer feststellbar sind. Lediglich durch eine optische Inspektion, die einen vorherigen Ausbau des Druckmessumformers erfordert, sind derartige Fehler erkennbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Druckmessumformer zu schaffen, der eine Überwachung des Zustands einer Trennmembran bereits ohne Ausbau des Druckmessumformers ermöglicht.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist der neue Druckmessumformer der eingangs genannten Art die im kennzeichnenden Teil des

Anspruchs 1 angegebenen Merkmale auf. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung beschrieben.

Die Erfindung hat den Vorteil, dass eine zuverlässige Aussage
5 über den Zustand einer Trennmembran gewonnen werden kann, ohne dass der Druckmessumformer vorher beispielsweise aus einer Rohrleitung ausgebaut werden muss. Damit kann die Diagnose quasi während des Betriebs des Druckmessumformers erfolgen. Zudem ist ein Alterungsprozess der Trennmembran er-
10 kennbar und es kann rechtzeitig darauf reagiert werden, bevor ein Ausfall des Druckmessumformers droht und es möglicherweise zu einem Stillstand der prozesstechnischen Anlage kommt, in welcher der Druckmessumformer betrieben wird. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, dass der durch einen
15 erfindungsgemäßen Druckmessumformer gelieferte Messwert zuverlässiger wird, da Veränderungen der Trennmembran, beispielsweise Ablagerungen oder Materialabtragungen durch Korrosion oder Abrasion, die den Messwert verfälschen könnten, beim neuen Druckmessumformer durch Diagnose automatisch
20 erkannt und gemeldet werden können. Zudem hat der neue Druckmessumformer den Vorteil, dass eine eventuelle optische Inspektion, die bei bestimmten Messmedien bisher erforderlich war, entfällt und somit die Überwachung des Zustands einer Trennmembran mit wesentlich geringerem Aufwand verbunden ist.

25 Ein Loch in einer Trennmembran kann besonders zuverlässig diagnostiziert werden, wenn der Wert des Messsignals, der sich um eine vorgebbare Wartezeit nach Beginn einer im Wesentlichen sprunghaften Volumenänderung der Messkammer
30 einstellt, als Kenngröße des sich einstellenden Verlaufs des Messsignals mit einer entsprechenden Kenngröße des Referenzverlaufs verglichen wird und ein Signal zur Anzeige eines Lochs in der Trennmembran ausgegeben wird, wenn die entsprechende Kenngröße des Referenzverlaufs um mehr als ein vor-
35 gebbares Maß unterschritten wird. Dabei wird ausgenutzt, dass aufgrund einer Leckage in der Trennmembran eine durch

Volumenänderung hervorgerufene Druckänderung nach einer gewissen Wartezeit verschwindet.

Zur zuverlässigen Diagnose von Ablagerungen auf der Trennmembran kann vorteilhaft der sich nach einer im Wesentlichen sprunghaften Volumenänderung ergebende Maximalwert des Messsignals als Kenngröße des sich einstellenden Verlaufs des Messsignals mit einer entsprechenden Kenngröße des Referenzverlaufs verglichen werden und ein Signal zur Anzeige von Ablagerungen auf der Trennmembran ausgegeben werden, wenn die entsprechende Kenngröße des Referenzverlaufs um mehr als ein vorgebbares Maß überschritten wird. In analoger Weise kann vorteilhaft eine Materialabtragung der Trennmembran diagnostiziert werden, indem überwacht wird, ob die entsprechende Kenngröße des Referenzverlaufs um mehr als ein vorgebbares Maß unterschritten wird.

In vorteilhafter Weise ist eine präventive Wartung eines Druckmessumformers vor einem bevorstehenden Ausfall möglich, wenn durch die Auswerteeinrichtung anhand von zeitlichen Veränderungen einer Kenngröße des sich einstellenden Verlaufs des Messsignals bei zeitlich beabstandeten, beispielsweise zyklisch durchgeführten Diagnosevorgängen eine Trendaussage ermittelt und ausgegeben wird, anhand welcher Wartungspersonal abschätzen kann, wann mit einem bevorstehenden Ausfall zu rechnen ist.

Ein piezoelektrisches Element zur Volumenänderung der Messkammer vorzusehen, das durch die Auswerteeinrichtung ansteuerbar ist, hat den Vorteil, dass für die Volumenänderung eine geringe Leistung erforderlich ist und die Mittel dazu aufwandsarm realisierbar sind.

Die zur Überwachung einer Trennmembran erforderlichen Funktionen einer Auswerteeinrichtung können ebenfalls ohne größeren Aufwand durch geeignete Ausgestaltung eines Betriebsprogramms einer Recheneinheit realisiert werden, wenn eine

Auswerteeinheit auf der Basis eines Mikroprozessors verwendet wird. Die Herstellungskosten des Druckmessumformers werden somit vorteilhaft durch das neue Diagnoseverfahren kaum beeinflusst.

5

Anhand der Zeichnungen, in denen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt ist, werden im Folgenden die Erfindung sowie Ausgestaltungen und Vorteile näher erläutert.

10 Es zeigen:

Figur 1 eine Prinzipdarstellung eines Druckmessumformers für Absolutdruck und

Figur 2 ein Zeitdiagramm mit qualitativen Signalverläufen.

15 In Figur 1 ist ein Blockschaltbild eines Druckmessumformers dargestellt. Der Druckmessumformer weist eine im Wesentlichen rotationssymmetrische Druckmesszelle 1 mit einem Gehäuse 2 auf, in dem ein Drucksensor 3 zur Wandlung eines zu messenden Drucks in ein elektrisches Messsignal 4 angeordnet ist. Der
20 Drucksensor 3 befindet sich zwischen einer Messkammer 5 und einem Kanal 6, der zur Zuführung eines Referenzdruckes dient. Die Messkammer 5 ist mit einem Silikonöl als Druckübertragungsflüssigkeit gefüllt. Durch den Kanal 6 wird Luft mit dem
25 jeweils aktuellen Umgebungsdruck auf den Drucksensor 3 geleitet. Das Messsignal 4 gibt somit bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel den auf Umgebungsdruck bezogenen Absolutdruck wieder. Zum Schutz des Sensors ist die Druckübertragungsflüssigkeit in der Messkammer 5 durch eine Trennmembran 7 von einem Prozessmedium 8 getrennt, welches durch einen
30 Kanal mit dem zu messenden Druck in die Druckmesszelle 1 eingeleitet wird. Durch die Trennmembran 7 ist der Drucksensor 3 vor einer Beschädigung durch aggressive Medien geschützt. Ein Gewindezapfen 9 dient zum leichten Einbau der Druckmesszelle 1 in eine Rohrleitung einer prozesstechnischen
35 Anlage, die der Übersichtlichkeit wegen in der Zeichnung nicht dargestellt ist. Das Messsignal 4 wird einem Mikroprozessor 10 zugeführt, der das Signal 4 zur Erzeugung eines

Messwerts ausgewertet, den Messwert auf einer Anzeige 11 ausgibt und zur weiteren Verarbeitung über einen Feldbus 12 an eine Leitstation der prozesstechnischen Anlage übermittelt, die wiederum zur besseren Übersichtlichkeit in der Figur nicht dargestellt ist. Zur Durchführung der Messungen und der Kommunikation ist der Mikroprozessor 10 mit einem geeigneten Betriebsprogramm versehen. Über eine Tastatur 13 können Eingaben eines Bedieners und über die Anzeige 11 Ausgaben an den Bediener erfolgen. Zur Diagnose der Trennmembran 7 ist durch den Mikroprozessor 10 ein piezoelektrisches Element 14, das sich an der Messkammer 5 der Druckmesszelle 1 befindet und von der Messkammer 5 durch eine Membran 17 getrennt ist, derart ansteuerbar, dass sich das Volumen der Messkammer 5 entsprechend einem im Wesentlichen vorbestimmten zeitlichen Verlauf verändert. Im physikalischen Sinne wird durch das piezoelektrische Element 14 nicht die Größe des Volumens der Messkammer 5 verändert, sondern lediglich das in der Messkammer 5 befindliche Volumen verschoben, so dass die Trennmembran 7 durch die Volumenverschiebung eine Lageänderung erfährt. Es ändert sich somit die Lage der Druckübertragungsflüssigkeit in der Druckmesszelle. Ein Speicher 15 dient zur Abspeicherung eines Verlaufs des Messsignals 4, der sich bei intakter Trennmembran 7 als Reaktion auf die Volumenänderung einstellt. Dieser Verlauf wird bei der erstmaligen Inbetriebnahme des Sensors in der prozesstechnischen Anlage aufgezeichnet. In einem Speicher 16 werden Verläufe des Messsignals 4 hinterlegt, welche sich im späteren Betrieb des Messumformers als Reaktion auf eine Volumenänderung einstellen, die zur Durchführung einer Diagnose erzeugt wird. Der Mikroprozessor 10 ermittelt aus den in den Speichern 15 und 16 hinterlegten Verläufen einander entsprechende Kenngrößen, vergleicht diese miteinander und leitet aus dem Vergleichsergebnis verschiedene Aussagen über den Zustand der Trennmembran 7 ab. Im Falle eines Fehlers wird auf der Anzeige 11 oder über den Feldbus 12 ein Signal zur Anzeige des Fehlers ausgegeben, damit durch das Bedien- oder Wartungspersonal geeignete Maßnahmen zur Fehlerbehandlung eingeleitet

werden können. Mikroprozessor 10, Speicher 15 und Speicher 16 bilden somit Bestandteile einer Einrichtung 19 zur Auswertung des Messsignals 4.

- 5 Alternativ zum beschriebenen Ausführungsbeispiel ist es selbstverständlich möglich, in den Speichern 15 und/oder 16 anstelle der vollständigen Messsignalverläufe lediglich die zur Diagnose ermittelten Kenngrößen zu hinterlegen.
- 10 Die Erfindung wird zwar hier anhand eines Ausführungsbeispiels mit einer Druckmesszelle für Absolutdruck erläutert, ist aber in analoger Weise bei einer Messzelle für Differenzdruck anwendbar.
- 15 Anhand der in Figur 2 dargestellten Signalverläufe wird im Folgenden das Funktionsprinzip der Diagnose näher erläutert. In den Diagrammen gemäß Figur 2 sind die qualitativen Signalverläufe dargestellt mit der Zeit t auf der Abszisse und der jeweiligen Signalamplitude V bzw. U auf den Ordinaten. Da
- 20 sich der Zustand der Trennmembran 7 (Figur 1) nur allmählich ändert, genügt eine zyklische Durchführung der Diagnose. Zur Erzeugung einer Volumenänderung der Messkammer 5 (Figur 1) entsprechend einem dargestellten Verlauf 20 wird das piezoelektrische Element 14 (Figur 1) mit einem Rechteckimpuls
- 25 angesteuert, der zum Zeitpunkt t_0 beginnt und zum Zeitpunkt t_1 endet. Als Reaktion auf diese Volumenänderung stellt sich mit intakter Trennmembran 7 (Figur 1) ein Verlauf 21 des Messsignals 4 (Figur 1) ein. Zum Zeitpunkt t_0 beginnt das Messsignal, sich von seinem Anfangswert S_0 zu entfernen und
- 30 nähert sich allmählich einem neuen Endwert S_1 . Ursache dafür ist die Änderung des Volumens unter der Trennmembran 7 (Figur 1) und die damit verbundene Änderung der Lage der Trennmembran. Diese Lageverschiebung führt aufgrund der Elastizität der Trennmembran 7 zu einer Veränderung des Drucks in
- 35 der Messkammer 5 und einer entsprechenden Veränderung des Messsignals 4. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass sich das Verhalten der Trennmembran bei Volumenänderungen in

der Messkammer ändert, wenn in der Trennmembran eine Leck-
stelle entsteht, sich auf der Trennmembran Ablagerungen
bilden und/oder wenn die Dicke der Trennmembran durch Ab-
rasion oder chemische Reaktion mit dem Messmedium abnimmt.
5 Der Verlauf 21 wird als Referenzverlauf zum Vergleich mit
späteren Messsignalverläufen herangezogen, die bei einer
Volumenänderung mit im Wesentlichen demselben zeitlichen
Verlauf 20 aufgenommen werden. Weicht ein später während des
Betriebs aufgenommener Messsignalverlauf stark vom Referenz-
10 verlauf 21 ab, so lässt dies auf einen fehlerhaften Zustand
der Membran schließen.

Bei einem Loch in der Trennmembran wird sich als Reaktion auf
eine sprungförmige Volumenänderung ein Verlauf 22 des Mess-
15 signals einstellen. Kurz nach dem Zeitpunkt t_0 gleicht der
Verlauf 22 noch dem Referenzverlauf 21. Das Messsignal strebt
jedoch wieder vorzeitig auf den Anfangswert S_0 zu, da durch
das Leck in der Membran Druckübertragungsflüssigkeit zum
Prozessmedium fließen kann und somit ein Druckausgleich
20 stattfindet. Ein Leck in der Trennmembran kann somit sicher
detektiert werden, wenn zu einem späteren Zeitpunkt, im ge-
zeigten Ausführungsbeispiel zum Zeitpunkt t_2 , der um eine
vorgegebene Wartezeit nach dem Zeitpunkt t_0 liegt, ein Wert
 S_2 des sich einstellenden Verlaufs 22 des Messsignals er-
25 mittelt und mit dem Wert S_1 , den der Referenzverlauf 21 zu
einem entsprechenden Zeitpunkt angenommen hatte, verglichen
wird und ein Leck erkannt und gemeldet wird, wenn der Wert S_2
um mehr als ein vorgegebenes Maß, im gezeigten Beispiel um
mehr als 25 % des Abstands zwischen den Werten S_1 und S_0 ,
30 abweicht. Der Wert S_2 des Verlaufs 22 liegt deutlich unter
einem so berechneten Schwellwert S_3 , so dass ein Leck in der
Membran sicher erkannt wird.

Bei Ablagerungen auf der Trennmembran 7 (Figur 1) verringert
35 sich deren Elastizität. Eine Volumenänderung der Messkammer 5
führt somit zu einer stärkeren Veränderung des Drucks und
einer entsprechend stärkeren Veränderung des Messsignals 4

(Figur 1) als bei der Referenzmessung, wie es in Figur 2 durch einen Verlauf 23 qualitativ dargestellt ist. Zur Feststellung eines derartigen Fehlers der Trennmembran wird vorteilhaft als Kenngröße des Verlaufs 23 dessen Maximalwert S5 mit dem Maximalwert S1 des Verlaufs 21 als Referenzkenngröße verglichen und ein Fehler erkannt und ausgegeben, wenn die beiden Werte um mehr als ein Viertel des Abstands zwischen den Werten S1 und S0 voneinander abweichen, d. h., wenn der Maximalwert S5 einen Schwellwert S4 überschreitet.

10 Andererseits wird die Elastizität der Trennmembran bei einer Materialabtragung, beispielsweise durch Abrasion oder chemische Reaktion, vergrößert und die Trennmembran kann leichter einer Volumenänderung der Messkammer folgen. In Figur 2 ist ein Verlauf 24, der sich bei einer Messmembran einstellt, wenn die Wandstärke der Membran bereits erheblich durch Materialabtragungen reduziert ist, qualitativ dargestellt. Analog zur Detektion von Ablagerungen auf der Trennmembran kann somit auch bei Materialabtragungen durch einfachen
15 Vergleich eines Maximalwerts S6 des Verlaufs 24 mit einem Schwellwert S3, der um ein vorgegebenes Maß, hier ein Viertel der Differenz zwischen den Werten S1 und S0, unter dem Maximalwert S1 des Verlaufs 21 liegt, eine unzulässig starke Materialabtragung erkannt und als Fehler angezeigt werden.

25 Da sich derartige Veränderungen an der Trennmembran über einen längeren Zeitraum ergeben, ist es bei einer zyklischen Durchführung der beschriebenen Diagnose in einfacher Weise möglich, anhand der zeitlichen Änderung der Kenngrößen, beispielsweise der Maximalwerte der sich einstellenden Verläufe des Messsignals, eine Trendaussage abzuleiten und auszugeben. Beispielsweise kann eine Trendaussage angeben, zu welchem Zeitpunkt Ablagerungen ein gerade noch vertretbares Maß übersteigen werden. Damit ist eine vorbeugende Wartung des Druckmessumformers möglich und es können zusätzliche Kosten, mit
30 denen ein unerwarteter Fehler und dessen Beseitigung verbunden wären, vermieden werden.

/ 10

Eine Volumenänderung entsprechend dem Verlauf 20 in Figur 2 hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen. Selbstverständlich kann die Diagnose auch mit andersartigen Verläufen durchgeführt werden und es können vom gezeigten Ausführungs-
5 beispiel abweichende Kenngrößen der Verläufe des sich daraufhin einstellenden Messsignals zur Fehlererkennung ausgewertet werden.

Patentansprüche

1. Druckmessumformer

- mit einem in einem Gehäuse (2) angeordneten Drucksensor (3) zur Wandlung eines zu messenden Drucks in ein elektrisches Messsignal (4),
- mit einer Messkammer (5), die durch eine Trennmembran (7) von einem zu messenden Medium (8) getrennt und zur Weiterleitung des Drucks zum Drucksensor (3) mit einer Druckübertragungsflüssigkeit gefüllt ist, und
- mit einer Einrichtung (19) zur Auswertung des Messsignals, dadurch gekennzeichnet,
- dass die Messkammer (5) mit Mitteln (14) versehen ist, durch welche ihr Volumen entsprechend einem im Wesentlichen vorbestimmten zeitlichen Verlauf (20) veränderbar ist, und
- dass die Auswerteeinrichtung (19) derart ausgebildet ist, dass zumindest eine Kenngröße (S5) eines sich als Reaktion auf eine Volumenänderung einstellenden Verlaufs (23) des Messsignals (4) mit einer entsprechenden Kenngröße (S1) eines Referenzverlaufs (21) vergleichbar ist und dass in Abhängigkeit von Abweichungen zwischen den beiden Kenngrößen ein Signal zur Anzeige eines Membranfehlers aus-
gebbar ist.

25

2. Druckmessumformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Auswerteeinrichtung (19) ein Signal zur Anzeige eines Lecks in der Trennmembran (7) aus-
gebbar ist, wenn der Wert (S2) des Messsignals (4) um eine
vorgebbare Wartezeit nach Beginn einer im Wesentlichen
sprunghaften Volumenänderung als Kenngröße des sich ein-
stellenden Verlaufs (22) des Messsignals (4) eine entspre-
chende Kenngröße (S1) des Referenzverlaufs (21) um mehr als
ein vorgebbares Maß unterschreitet.

35

3. Druckmessumformer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Auswerteeinrichtung (19) ein

- Signal zur Anzeige von Ablagerungen auf der Trennmembran (7) ausgebbar ist, wenn der Maximalwert (S5) des Messsignals als Kenngröße des sich einstellenden Verlaufs (23) des Messsignals nach einer im Wesentlichen sprunghaften Volumenänderung eine entsprechende Kenngröße (S1) des Referenzverlaufs (21) um mehr als ein vorgebbares Maß überschreitet.
- 5
4. Druckmessumformer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Auswerteeinrichtung (19) ein Signal zur Anzeige einer Materialabtragung auf der Trennmembran (7) ausgebbar ist, wenn der Maximalwert (S6) des Messsignals als Kenngröße des sich einstellenden Verlaufs (24) des Messsignals nach einer im Wesentlichen sprunghaften Volumenänderung eine entsprechende Kenngröße (S1) des Referenzverlaufs (21) um mehr als ein vorgebbares Maß unterschreitet.
- 10
- 15
5. Druckmessumformer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Auswerteeinrichtung (19) anhand von zeitlichen Veränderungen einer Kenngröße des sich einstellenden Verlaufs des Messsignals bei zeitlich beabstandeten Diagnosevorgängen eine Trendaussage ausgebbar ist.
- 20
- 25
6. Druckmessumformer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Volumenänderung ein piezoelektrisches Element (14) aufweisen, das durch die Auswerteeinrichtung (19) ansteuerbar ist.

FIG 1

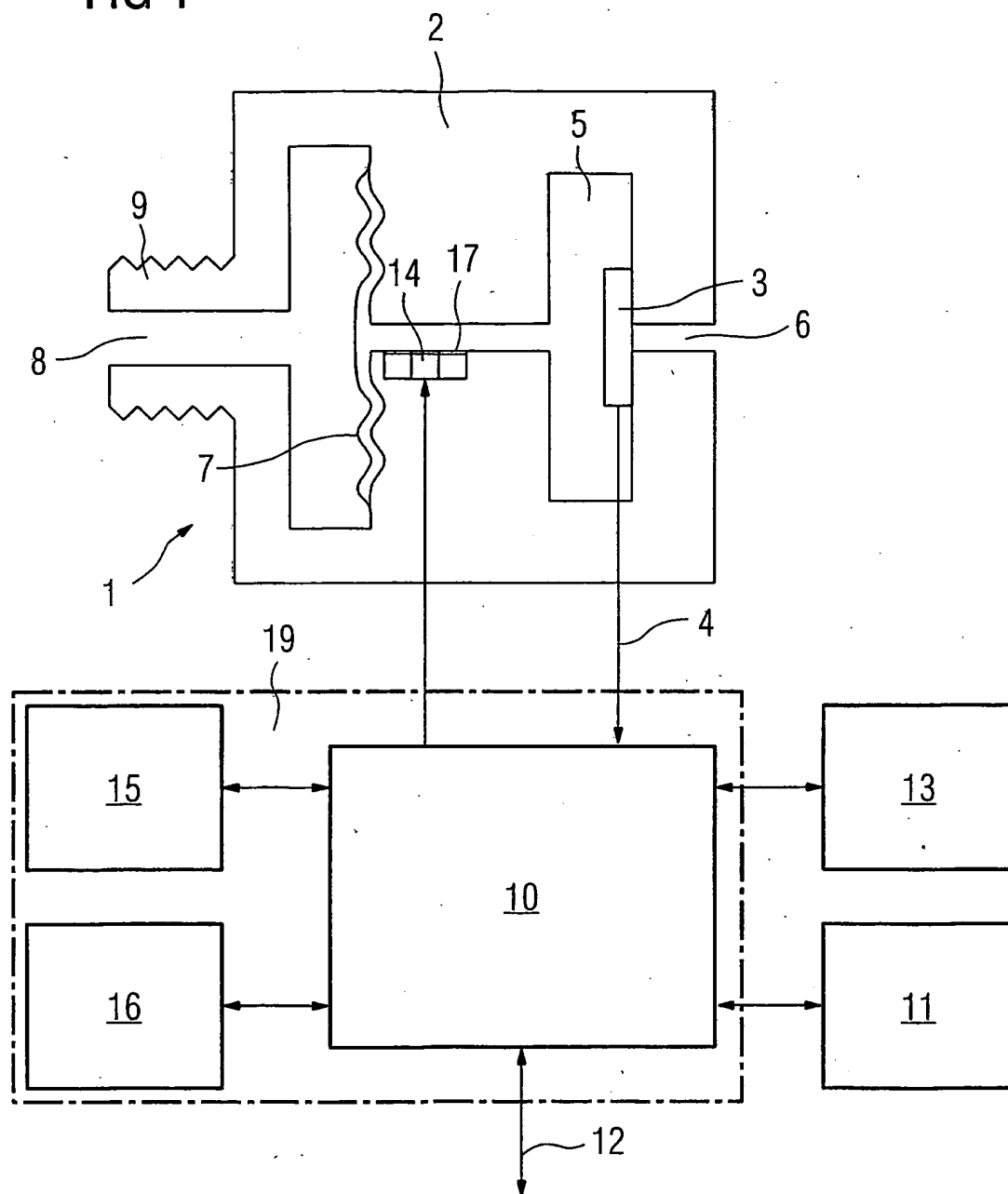


FIG 2

